

高出力，大排気量V6エンジン用 アルミニウムライナ鑄込みシリンダブロックの開発

Development of Aluminum Liner in Die-cast Cylinder Block
for High-power and High-displacement V6 Engine

小松田 卓*

Takashi KOMATSUDA

大村 淳一*

Junichi OHMURA

高橋 誠幸*

Masayuki TAKAHASHI

難波 規之**

Noriyuki NAMBA

安川 勝久*

Katsuhisa YASUKAWA

要 旨

2007 年モデル MDX 用として開発された 3.7L V6 エンジンは、前モデル MDX 用 3.5L V6 エンジンの基本骨格を踏襲しながら排気量拡大と高出力化を達成した。

排気量拡大と高出力化を同時に図る技術としてアルミニウム合金製シリンダライナの採用が有効であるが、採用にあたってはシリンダライナとピストンリング間のしゅう動性を重点的に取り組んだ。主にボアしゅう動面の面性状として、ライナに含有させる硬質粒子の浮き出し状態の詳細規定やボア熱変形剛性向上のためのライナとシリンダブロック間密着性向上技術の開発により、しゅう動性を確保した。本稿では高出力，大排気量 V6 エンジン用アルミニウムライナ鑄込みシリンダブロックの開発における研究内容とその技術を述べる。

ABSTRACT

A 3.7 L V6 engine has been developed for the 2007 model year MDX. The new engine was developed based on the framework of the 3.5 L V6 engine employed in the previous MDX, but the engine's displacement and power have been increased.

The use of an aluminum alloy cylinder liner is an effective method of simultaneously increasing engine displacement and power. In employing an aluminum alloy cylinder liner in the new engine, the development focused on the sliding characteristic between the liner and piston rings. The reliability of the sliding characteristic has been ensured by the application of two main new technologies to the sliding surface of the bore: Detailed specification of the exposure of the particles on the liner, and the achievement of increased adhesion between the liner and cylinder block to increase the resistance of the bore to thermal distortion. This paper discusses the development of the aluminum liner for use in a cast iron cylinder block in the new high-power, high-displacement V6 engine, and provides an overview of the main technologies employed.

1. まえがき

近年，自動車エンジンの高出力，大排気量化とコンパクト化のニーズは高く，主要部品であるシリンダブロックに対し特にそのニーズは高い。エンジンの高出力化は燃焼室やピストンを効果的に冷却し温度を下げて異常燃焼をおさえることが出力向上のポイントとなる。大排気量化とコンパクト化の両立はシリンダボア径を拡大しながらエンジン寸法を拡大しないことが重要である。しかしボア径拡大でのボア間寸法短縮は温度上昇をまねき，強度的な温度限界

を超えないようにシリンダボアの温度を下げるのが大排気量化のポイントとなる。

エンジンの冷却性向上については，現在多くの四輪車が採用している鑄鉄ライナ鑄込みシリンダブロックを熱伝達率の高いオールアルミニウムシリンダにすることが有効な手段である⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。

このため，近年各種のアルミニウム合金製シリンダブロックが開発されている。オールアルミニウムシリンダとしては過共晶アルミニウム合金(以下 A390 合金)をシリンダブロック全体に使用したものが実用化されている。A390

* 四輪開発センター

** ホンダエンジニアリング(株)

合金はシリンダボア内面の品質を確保するために低圧鑄造や低速中圧鑄造等で製造されるが、高速高圧で射出するハイプレッシャダイカスト製法(以下 HPDC)と比較して平均肉厚が厚くなりシリンダブロック全体の軽量化をはかることが難しくかつ生産サイクルタイムが長くなる。

オールアルミニウムシリンダブロックの冷却性効果を有しながら鑄鉄ライナ鑄込みシリンダブロックと生産設備や工程の共用化をおこなった上で高品質、高生産性を達成するために HPDC 製法によるアルミニウムライナ鑄込みシリンダブロック(以下アルミニウムライナシリンダブロック)の技術開発が求められた^{(2), (4)}。

2. アルミニウムライナブロック開発の目標設定

海外市場および日本市場の V6 エンジンにおいて LEGEND を始めとした 220kW を超える高出力化、大排気量化が進んでいる。エンジンの主要部品であるシリンダブロックはその要求に対応しつつ生産効率や品質を確保することが必要である。この要求を満足するため高出力、大排気量 V6 3.7L エンジン用アルミニウムライナの開発目標を以下に設定した。

- (1) 従来の 3.5L V6 エンジンのシリンダブロックの外形寸法を拡大せず、ボア径を拡大して排気量拡大、高出力化の達成。
- (2) 従来の 3.5L V6 エンジン鑄鉄ライナ鑄込みシリンダブロックと生産設備や工程の共用化、品質、生産性の確保。

アルミニウムライナ材料は母材のアルミニウムにシリコンやアルミナ等の硬質材を高密度に配合する材料であり、鑄鉄ライナ材とは材料構成が根本的に異なる。

硬質材はピストンリングやピストンのしゅう動面圧に対しボア内面の異常摩耗性や焼付き、スカッフを発生させないための役割を持つ。ボア内面は機能的な面性状として適正な材質の硬質材を持ち、適正な浮き出し量を規定しなければピストンリングやピストンとアルミニウムライナのしゅう動性は確保できない。

ライナ円筒剛性においては、母材のアルミニウムが鑄鉄よりヤング率が低いのでボア剛性が低下しやすい。

以上の課題を要約すると下記 2 点になる。

- (1) アルミニウムライナとピストンリングやピストンとのしゅう動性確保、焼付き、スカッフの信頼性向上。
- (2) アルミニウムライナのシリンダブロックボア周り剛性確保、熱によるボア変形を抑制しオイル消費劣化を改善。

これらの 2 点の課題はアルミニウムライナの材料特性やアルミニウムライナシリンダブロックの構造に起因することであり、課題(1)は従来の鑄鉄ライナ鑄込みシリンダブロックに対して、課題(2)は A390 合金シリンダブロック

に対し、従来にはない新しい考え方と評価基準が必要であった。

下記に対応技術を示す。

- (1) アルミニウムライナ材硬質材料、ピストンリング材料の最適な選定をおこなった。またアルミニウムライナのボア内面に硬質材を浮き出させた面性状を作り、しゅう動性向上をはかった。
- (2) アルミニウムライナ外周面に微細突起を作り、密着性向上させライナとボアの一体化による剛性向上をはかった。またライナ密着性評価手法を策定した。

3. アルミニウムライナブロックの開発

主な変更点であるライナ周りは、ライナ間ダイカストアルミニウム幅 3 mm として従来 3.5L V6 と同一のボアピッチ 98 mm を変更せずボア径を $\phi 89$ mm から $\phi 90$ mm に拡大して排気量拡大を達成した。

アルミニウムライナ材料は鑄造性改善に利点があり、ライナ間ダイカストアルミニウム寸法短縮に効果がある。アルミニウムライナとダイカストアルミニウム材は線膨張係数が近く鑄造凝固収縮時のボア間残留応力が低下する。このためボア間ダイカストアルミニウム材の割れが改善し、ライナ間のダイカストアルミニウム寸法を 4mm から 3mm に短縮できた。

Fig. 1 にシリンダブロック外観とライナ、ボア間拡大図を示す。

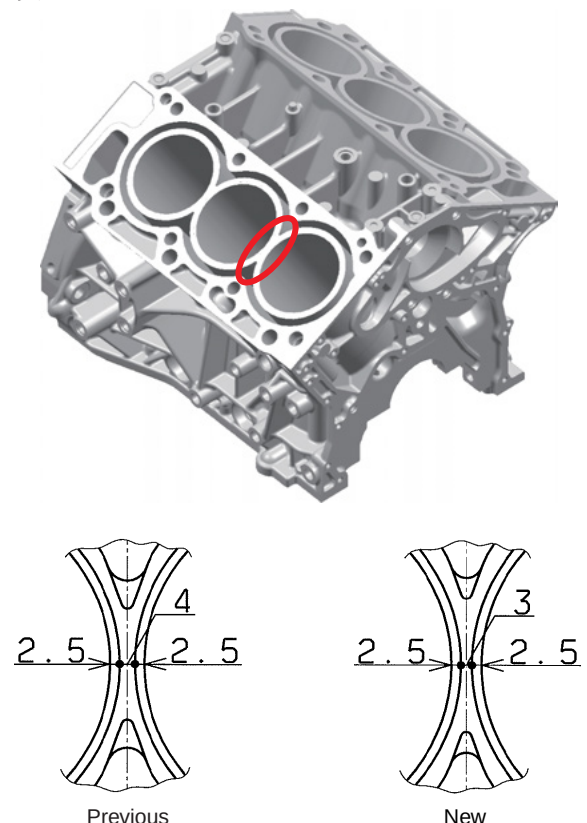


Fig. 1 Cylinder block and bore bridge section

Table 1 Specifications of cylinder blocks

	Previous	Developed
Total displacement (cm ³)	3471	3664
Bore (mm)	89	90
Stroke (mm)	93	96
Bore pitch (mm)	98	98
Block height (mm)	235	235
Block material	Aluminum alloy	Aluminum alloy
Liner material	Cast iron	AL (Spray compacted) High-Si aluminum alloy
Liner thickness (mm)	2.5	2.5
Weight (kg)	27.4	25.3

Table 2 Liner samples for engine tests

	Sample A	Sample B	Sample C
Particulate material	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Si
Particle diameter (μm)	3	30	5
Liner manufacturing method	Powder metal	Melt-in	Spray forming

ライナ鑄込みシリンダブロックの採用でライナのみを鑄鉄製からアルミニウム製へ変更することでボア径拡大を達成し、シリンダブロック外形寸法は高さ、幅を同一のままコンパクト性も維持できた。またシリンダブロック外形形状、ダイカストアルミニウム材質も共通化したことで、既存のHPDC 設備と外形面加工設備も共用化した。

アルミニウムライナは軽量化の利点もあり、鑄鉄ライナ鑄込みシリンダブロックに対し約 2 kg の軽量化も達成した。

Table 1 にシリンダブロック基本諸元を示す。

3.1. アルミニウムライナの材質選定

ライナしゅう動面は、ピストンとピストンリングからの高面圧に絶えずさらされ、また異物が混入するとスカッフの原因となる。アルミニウムライナの母材硬度は低めであり、硬質材を配合し、しゅう動面硬度を保つ。既存のアルミニウムライナ硬質材は、アルミナかシリコンにほぼ二分される。

Table 2 に比較検討した材料を示す。

すでにさまざまな文献で述べられているように、しゅう動性を確保するために硬質材の配分量、粒径、形状は重要である(1), (2), (4)。

しかし、配分量、粒径、形状決定よりも根本的にアルミナ材かシリコン材かの選択決定をおこなうことが先決であり、それらの材質特性の大きく異なる部分を把握することが重要と考えた。

Table 3 に硬質材とアルミニウムライナ特性の比較を示す。

Table 4 にしゅう動相手材のピストンリング材の硬度を示す。

A390合金シリンダブロックで一般的に用いられているピストンリングステンレス鋼の窒化処理材に対し、アルミナ

Table 3 Material property of aluminum liner

	Item	Unit	Sample A	Sample B	Sample C
Particle	Material	—	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Si
	Hardness	Hv	2600	2600	1000
Liner	Tensile strength	(MPa)	250	240	250
	Young's modulus	(GPa)	100	95	90
	Thermal conductivity	(W/m·K)	120	115	120
	Thermal expansion coefficient	(×10 ⁻⁶ /K)	16	19	16

Table 4 Comparison of hardness

	Piston ring		
	Top	2nd	Oil
Average hardness (Hv)	1150	900	1050

硬度は高く、シリコンはほぼ同等硬度であり、硬質材はシリコンの方が望ましい。

これらのライナ材は、アルミニウム材と硬質材の複合材であるため重要な要素はその両者の保持性である。

母材アルミニウムに対する硬質材の保持性評価は、ボア内面の機械加工での脱落状態を顕微鏡観察で確認した。

Fig. 2 と Fig. 3 にライナ加工後の拡大観察写真を示す。

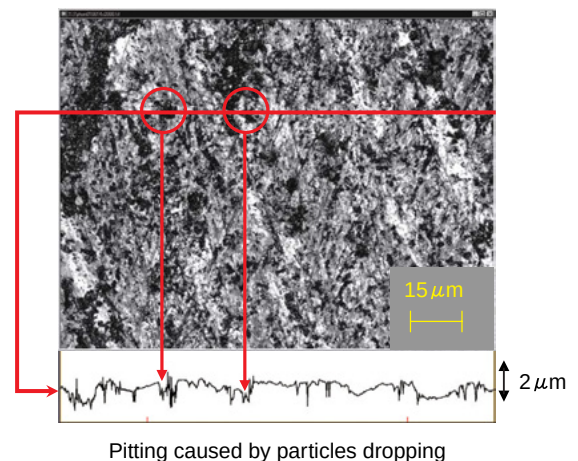


Fig. 2 Sample A

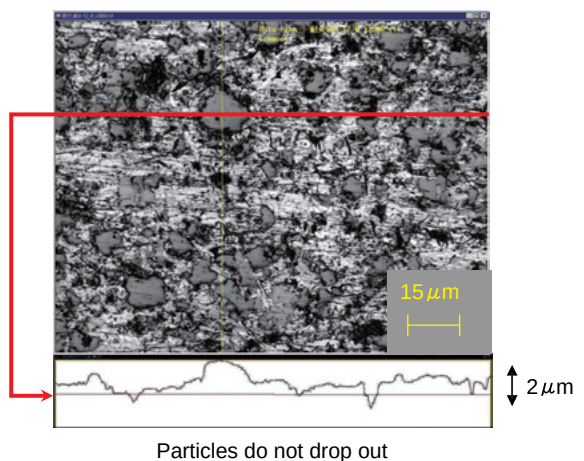


Fig. 3 Sample C

アルミナ粒子を配合した Sample A 材は、ホーニング加工の抵抗で脱落が見られた。加工条件を最適化し確認をおこなったが脱落は改善せず、一般的に知られる通りアルミナとアルミニウムの保持性の確保は難易度が高いことを確認した。

一方、Sample C材においてシリコン粒子の脱落は見られなかった。

耐焼付き・スカッフ試験は、潤滑、面圧の影響因子を適正に与えるため実機試験をした。

Fig. 4 に耐久試験結果を示す。

Sample A材はピストン焼付きを起こし、目標耐久時間に満たなかった。加工段階でアルミナ粒子の脱落が見られたことからエンジン運転によるしゅう動でさらに脱落し、ピストン焼付きが発生したと考えられる。Sample B材はアルミナを母材アルミニウムと化学結合した材料であり、脱落やそれに伴うピストン焼付きなどの問題はなかった。

アルミナ配合の場合、繊維状化するなどの形状の工夫をし、アルミニウムとの保持性を確保する必要がある⁽¹⁾。Sample C材は耐久終了後の異常なシリコン脱落もなく、アルミニウムとの基本的な保持性の良さが裏付けられた。

Fig. 5 に目標の耐久時間を終了した Sample B 材と Sample C 材のピストンリング摩耗量、ブローバイガス変化率を示す。

Sample B材はピストンリングの異常摩耗を起こし、耐久中にブローバイガスが増加した。アルミナは硬度が高いた

め配合量や粒子径の選定が重要である。Sample B材はライナ材製法上の理由でその改善はできなかった。

これらの結果により、アルミニウムライナ材は、硬質材がシリコンの Sample C 材に決定した。

3.2. ボア内面の面性状

アルミニウムライナのしゅう動性を保証するためには、慣らしがつく前の初期加工面が重要である。運転初期の焼付き・スカッフを防止するにはボア表面のシリコン粒子の適切な浮き出しが必要である。Fig. 6 にボア内面とピストン、ピストンリングしゅう動の概念図を示す。浮き出したシリコン粒子はピストンリングに対する焼付きとスカッフに耐えるしゅう動面を作り出す⁽⁴⁾。

シリコン浮き出しには、新しい加工法として3工程のホーニングを開発した。加工工程の概念図をFig. 7に示す。

第1工程で内面と内径加工、第2工程で粗さ 0.9 - 1.8 μm に平滑面出し、第3工程での最終仕上げ加工によりシリコン周辺に薄く残るアルミニウムの除去をおこなう。

第2工程、第3工程のボア表面状態のレーザ顕微鏡による観察結果を Fig. 8 に示す。

第2工程から第3工程を経ると、シリコン粒子上のアルミニウムが除去されて、加工面が平滑化していることがわかる。

シリコン浮き出し高さを変えて、運転慣らし前における

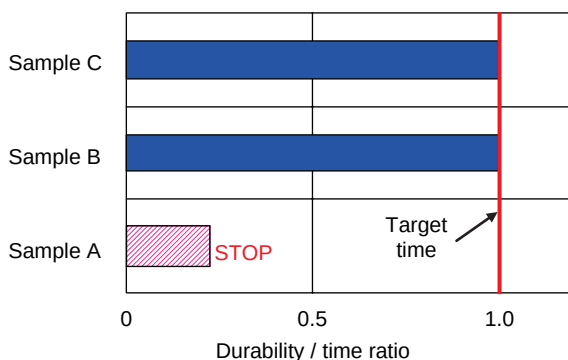


Fig. 4 Durability test results

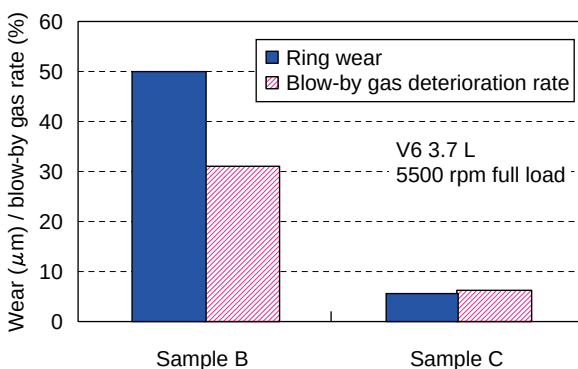


Fig. 5 Wear result

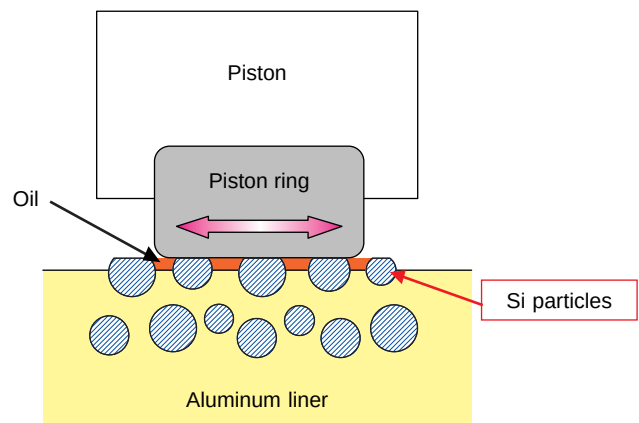


Fig. 6 Function of bore surface

1st process Rough boring	
2nd process Flat surface	Roughness: RzJIS 0.9-1.8 μm
3rd process Si exposure	Roughness: RzJIS 0.7-1.6 μm

Fig. 7 Bore honing process

枯渇潤滑条件での実機スカッフ試験の結果をFig. 9に示す。

シリコン浮き出し高さが、ほぼ $0.1 \mu\text{m}$ 以下においてもエンジン停止や異音等の機能障害は無かったが、ボア内面に数本のスカッフが認められた。シリコン浮き出し高さが $0.15 \mu\text{m}$ 以上ではスカッフは発生せず、機能性から初期のシリコン浮き出し高さを $0.15 \mu\text{m}$ 以上とした⁽³⁾。

台上実機耐久 1800 時間(EU 高速走行 24 万 km シミュレーション)での初期から耐久後の面粗度の変化を Fig. 10 に示す。加工後 $0.9 - 1.4 \mu\text{m}$ が耐久後まで $0.9 - 1.15 \mu\text{m}$ とほぼ変化なく推移する。

実機しゅう動の摩耗特性と第3工程ホーニングの研削特性は類似している。軟質なアルミニウムが、硬質なシリコン

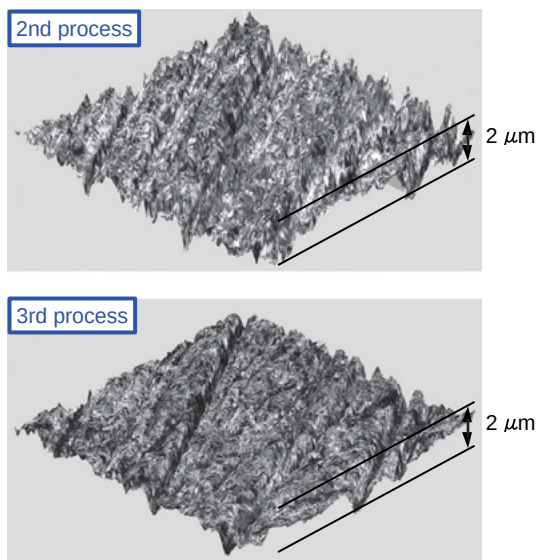


Fig. 8 Bore honing process surface measurement result

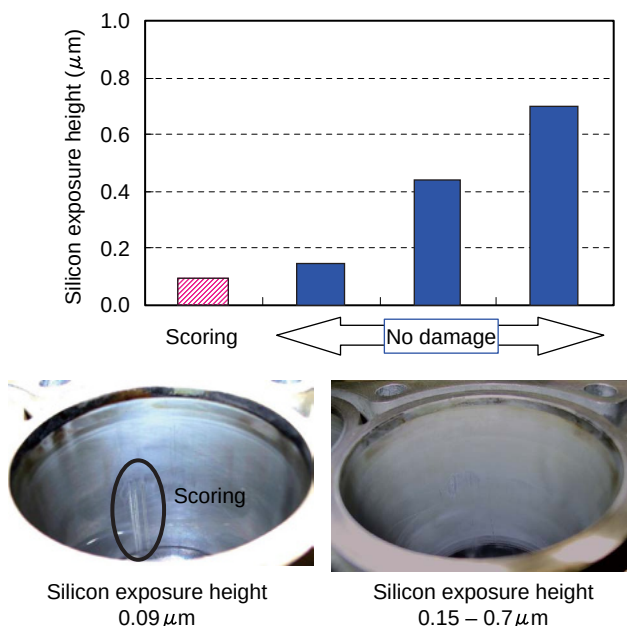


Fig. 9 Engine scoring test result

Table 5 Comparison of piston ring materials

Base metal	17Cr 0.8C	13Cr 0.6C	10Cr 0.5C
Cr nitride/carbonization particle size (μm)	5 - 8 μm	Under 2 μm	Under 2 μm
Average hardness of nitrided case (Hmv)	1150	1050	1050

よりも多く摩耗しながら進行する。同時に微小シリコン粒子の脱落が起こり、それが繰り返されることで面性状は一定に保たれ、耐久後までシリコン浮き出し量が $0.15 \mu\text{m}$ 以上に確保される。3工程ホーニングにより、機械加工で実機初期馴染み完了後と同等のしゅう動面を実現することが可能となった。

3.3. アルミニウムライナ用ピストンリング材質の選定

A390合金シリンダブロックで一般的に用いられているステンレス鋼の窒化処理材を基本に、母材に含まれる最適Cr量の選定をおこなった。

Table 5 に選定検討したピストンリング材質を示す。

ピストンリング材は硬度が高いほど良い訳ではなく、シリコン系アルミニウムライナとの組み合わせによる自己摩耗性と相手摩耗性が重要である。

各 Cr 含有量にて、リング材とライナ材の耐摩耗性の確認をおこなった。Cr含有量が違っても表面硬度はほぼ同等であるが、Cr 炭窒化物粒径が、17Cr 材は $5 - 8 \mu\text{m}$ 、13Cr は $2 \mu\text{m}$ 以下と異なる。

Fig. 11 にピストンリング材組織を示す。

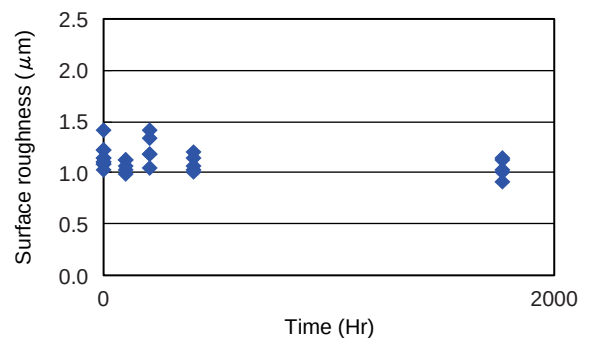


Fig. 10 Variations in bore surface roughness

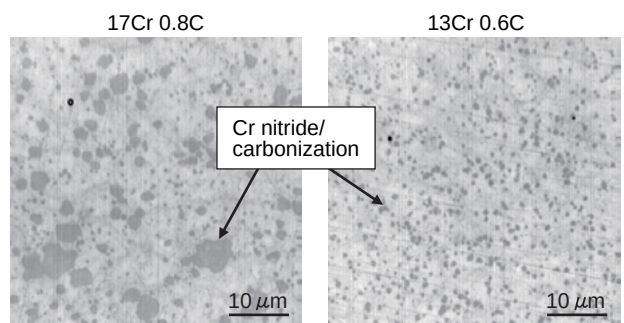


Fig. 11 Piston ring microstructure

Table 6 Comparison of material properties

Item	Unit	Cylinder block ADC12	Cast iron liner	Aluminum liner
Young's modulus	(GPa)	72	110	90
Thermal expansion coefficient	($\times 10^{-6}/K$)	23	11.5	16

単体しゅう動試験によりアルミニウムライナ材の摩耗量を確認した。その結果を Fig. 12 に示す。炭窒化物粒径の小さい低 Cr 材が良好な結果を示し、Cr 炭窒化物粒径が小さい方がアルミニウムライナへの攻撃性が低いという結論が得られた。

自己摩耗と相手摩耗検証として、実機で 100 時間の耐久試験をおこなった。ライナとピストンリング摩耗量を Fig. 13 に示す。

自己摩耗量は 10Cr 材に対し 13Cr 材が少なく、アルミニウムライナ摩耗量は両材質とも同等で十分少ないことから、ピストンリング材は 13Cr 材に決定した。

3.4. アルミニウムライナブロックのボア剛性

Table 6 にシリンダブロック構成材の材料特性比較を示す。

アルミニウムライナ材はシリンダブロックアルミニウム材と線膨張係数が近いこと、温度変化に対する寸法追従性

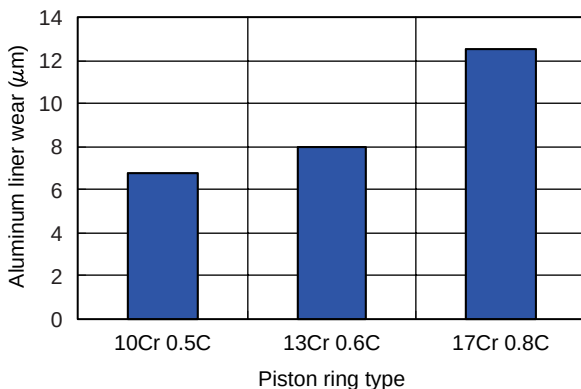


Fig. 12 Aluminum liner wear in Component jig test

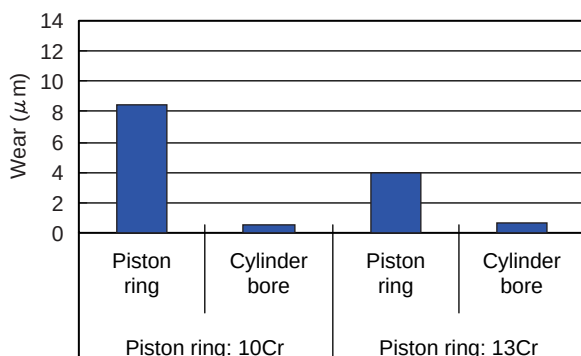


Fig. 13 Aluminum liner wear in actual engine

が良くボア円筒性が確保しやすい。そのため、エンジン燃焼熱によるボア変形が鑄鉄製ライナに対し良好である。

一方、アルミニウムライナは鑄鉄製ライナよりヤング率が低いことボア剛性が低下しやすい。

Fig. 14 にアルミニウムライナブロック断面図を示す。

シリンダヘッド締結時のボア変形悪化を抑制するため、3.7L V6 エンジンでは 3.5L V6 エンジンに対し、アルミニウムライナ採用の基本寸法としてボア総肉厚を 1 mm 厚くした。

3.5. アルミニウムライナの密着性

ボア剛性確保のもうひとつの要点としてライナとボアの密着性向上によるライナとボアの一体化がある。シリンダブロックアルミニウム材と線膨張係数が近いことから、シリンダブロック鑄造後の冷却時の凝固収縮により発生するアルミニウムの残留応力が低減し、ライナ保持力が確保しにくい。

密着性向上には鑄込み前のライナ外周面の粗さが重要である。ライナ外観写真と外周粗さの状態を Fig. 15 に示す。

ライナ外周面は微細な突起を持ち、凹凸面積増加により機械的保持力向上と密着性向上をねらった。

当初、ライナ外周面粗さは約 30 μm であった。しかし、

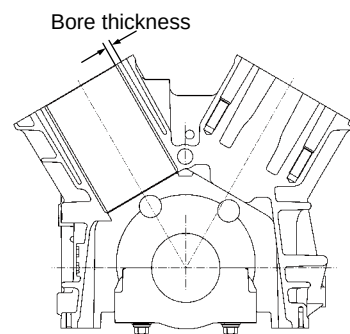


Fig. 14 Cylinder block section view

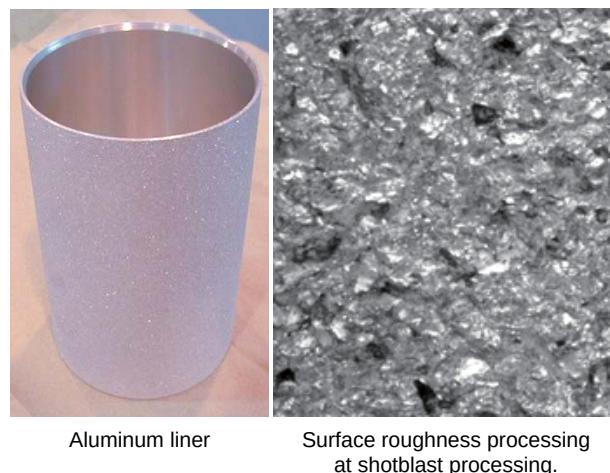


Fig. 15 Exterior view of liner / liner outer surface

この外周粗さではシリンダブロック鑄造後に良いライナ密着性は得られなかった。

また、HPDC 製法の生産性(主に鑄造タクトタイム)を鑄鉄製ライナと同等に維持することと、ライナ密着性の向上を両立させるのは難易度の高い課題であった。これはライナ外周面粗さの適正化をおこなうことにより、鑄鉄製ライナと同じ生産性を維持しながらアルミニウムライナの密着性の向上を達成することができた。

3.6. アルミニウムライナ密着性の評価手法

現在広く生産されている鑄鉄ライナ鑄込みシリンダブロックは、鑄鉄製ライナの単体剛性がボア周り剛性の基本である。しかし、アルミニウムライナの場合はライナとボアの一体化が剛性確保の要点であるため、新たに鑄造後のライナ外周隙間を非破壊超音波探傷測定⁽⁴⁾を用いて評価した。

密着性の要素は、ライナ外周とボアアルミニウム境界面に隙間が無いことである。鑄造による鑄込み後のライナとボアアルミニウム境界面をマイクロ観察した結果、局所的に5 μm 以下の隙間が確認された他は完全密着をしていた。

Fig. 16 にライナとボア境界面拡大観察写真を示す。

ライナ外周面に隙間が無い部分が広範囲であれば、ライナ保持力は向上する。測定は、超音波探傷装置(ultrasonic tester)を用いた。判断基準はライナ境界面の隙間寸法(超音波反射率)を色別して、隙間 5 μm 以下の良好な部分を黄色、隙間 5 μm 以上の部分を赤色とし判別した。密着性の定量化はライナ外周面積に対し、隙間のない良好な黄色部の比面積率を密着率と定義した。

Fig. 17 に測定結果データを示す。

3.7. アルミニウムライナ密着性向上の手法

3.6. 節で述べたようにライナ外周面粗さを変えて、シリンダブロックへの鑄込み試験をおこない、ライナ密着性の評価をおこなった。ライナ密着性の違いによる影響は、燃焼の熱曝露によるボア変形に大きく出る。初期のシリンダヘッド締結による変形だけでなく、熱変形も考慮した剛性確保が重要である。

ライナ外周面粗さと密着率の関係を Fig. 18 に示す。

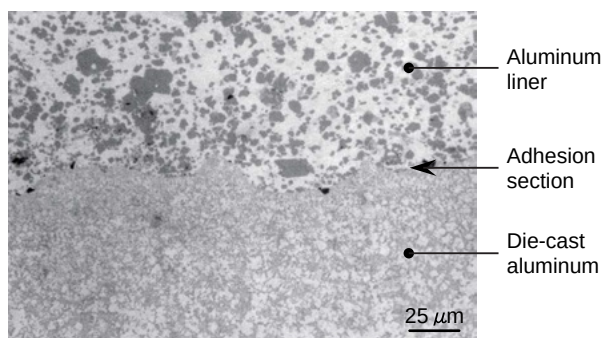


Fig. 16 Cross-section of adhesion section

実機耐久試験でのライナ密着性とボア変形の関係を Fig. 19 に示す。密着率向上に伴い、耐久試験後のボア変形が抑制された。

耐久試験後、ボア変形目標を満足するライナ密着率がわ

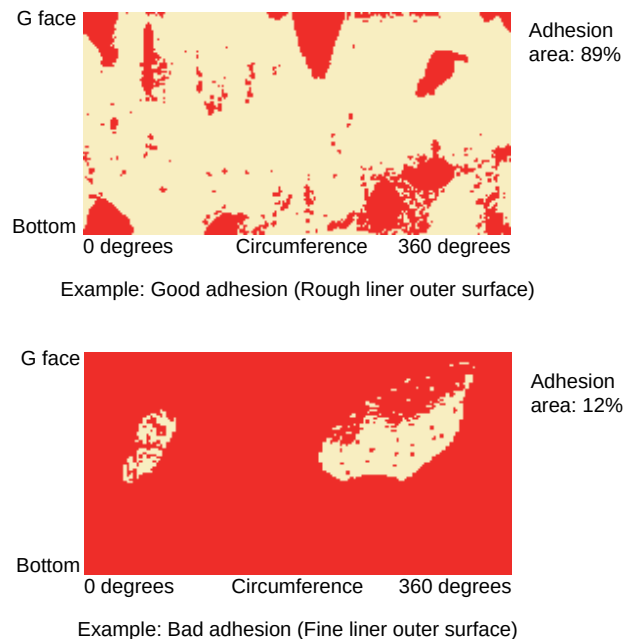


Fig. 17 Ultrasonic test results (C scope image)

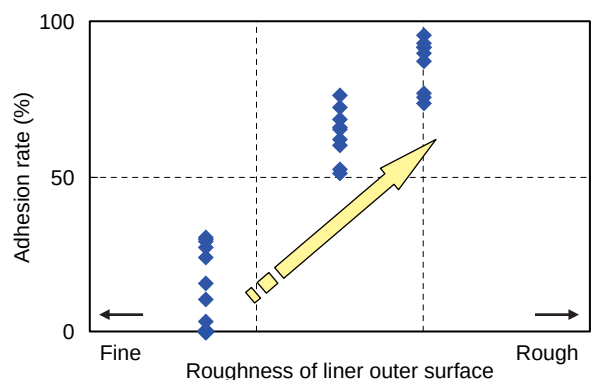


Fig. 18 Correlation between roughness of liner outer surface and adhesion

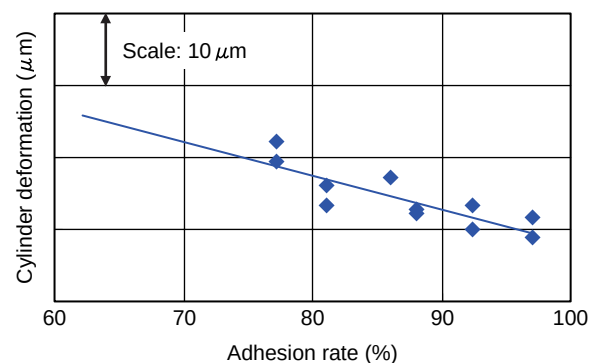


Fig. 19 Correlation between roughness of liner outer surface and bore distortion after durability test

かり、その結果からライナ外周粗さの規格を設定した。ライナ密着性規格を満足したシリンダブロックにおける、シリンダヘッド締結状態でのアルミニウムライナと鑄鉄製ライナのボア変形比較を Fig. 20 に示す。

ボア肉厚増加とライナ密着性向上により、鑄鉄製ライナと同等レベルのボア変形量を確保することができた。

次に高温 150 °C でのボア変形を Fig. 21 に示す。アルミニウムライナは、シリンダブロックアルミニウム材と線膨張係数が近く、高温下でも寸法追従性が良く、ウォータージャケット底部の形状変化が大きい部分においてもボア形状は良好である。

3.8. アルミニウムライナブロックの性能向上効果

アルミニウムライナ材料の高熱伝達特性により、同一水温条件下において鑄鉄ライナシリンダブロックよりもシリンダブロックの最高温度部位の温度を低下させることが可能になる。

Fig. 22 にシリンダブロックの最高温度部位であるボア間温度低減効果を示す。

ボア間温度は、190 °C からアルミニウム強度の低下が始まり耐久性限界となる⁽¹⁾。一方出力向上は、発熱を伴い温度上昇を招く。アルミニウムライナにより鑄鉄製ライナに対

しボア間温度は 12 °C 低下した。この冷却効果によりボア間温度 190 °C での比較において、約 51 kW の性能向上の許容範囲が広がり高出力化も可能となった。

シリンダブロックの冷却向上により燃焼室の冷却も良くなり、圧縮比向上や性能向上に効果があった。

Fig. 23 にアルミニウムライナのピストン温度低減効果を示す。

ピストン天井温度は約 20 °C 低下する。この冷却効果によりノッキング限界は向上するため、設定点火時期は 2-5 deg 進角可能になる。

Fig. 24 に点火進角データを示す。

アルミニウムライナの冷却効果により、出力 1.5 kW、トルク 9.8 Nm の向上効果が得られた。

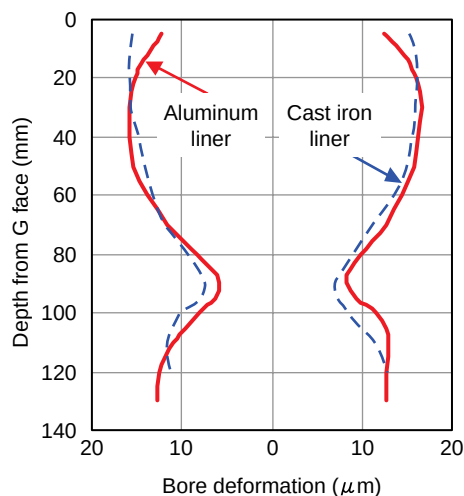


Fig. 20 Bore distortion with cylinder head tightening

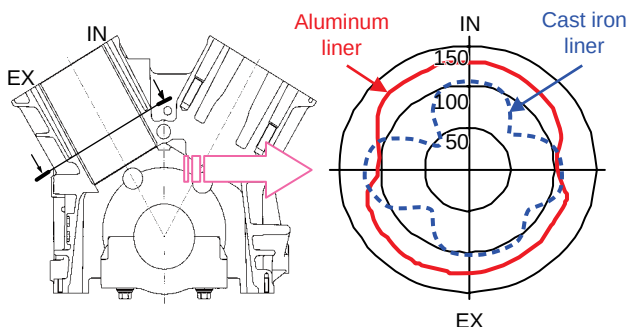


Fig. 21 Bore distortion at high temperature

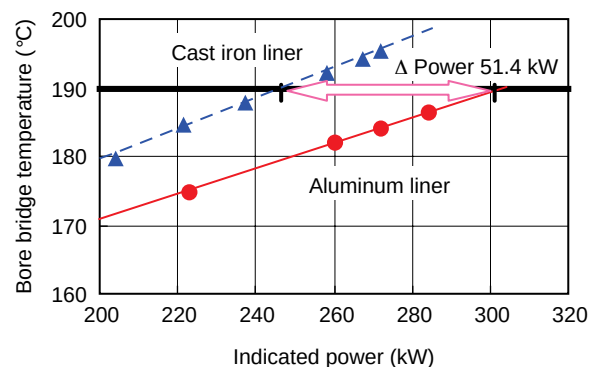


Fig. 22 Cooling effect for bore bridge

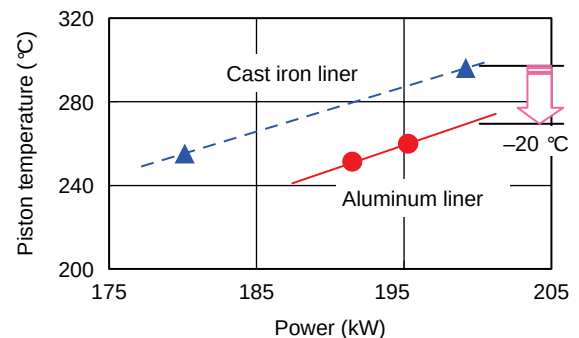


Fig. 23 Piston temperature reduction effect

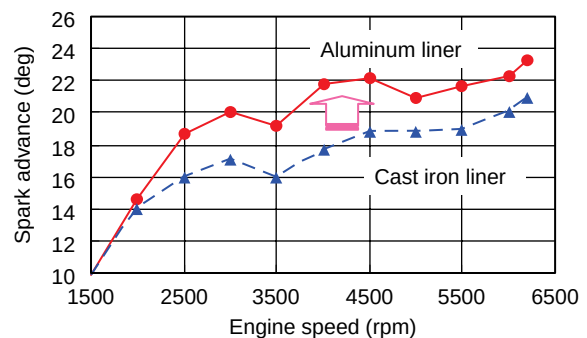


Fig. 24 Cooling effect for bore bridge

3.9. 耐久信頼性

実車耐久走行をおこなった。

Fig. 25に耐久終了後のライナ摩耗量、ピストンリング外周摩耗量、ボア変形量を示す。

ライナ摩耗量、ピストンリング外周摩耗量、ボア変形量、それぞれ少なくエンジン機能を満足できる値である。

Fig. 26 に耐久走行でのオイル消費を示す。

オイル消費も初期から大きく変化することなく良好な結果が得られ、アルミニウムライナシリンダブロックエンジンの信頼性が立証された。

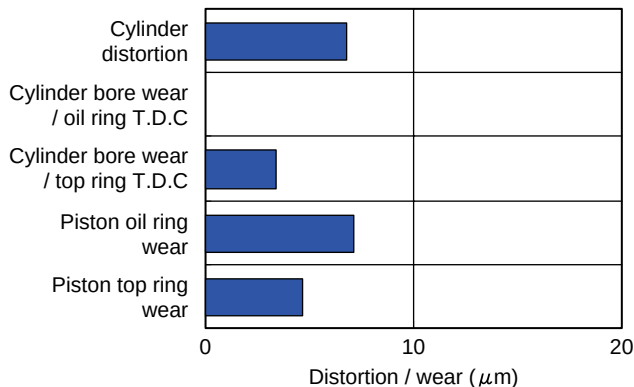


Fig. 25 Wear and distortion in durability test

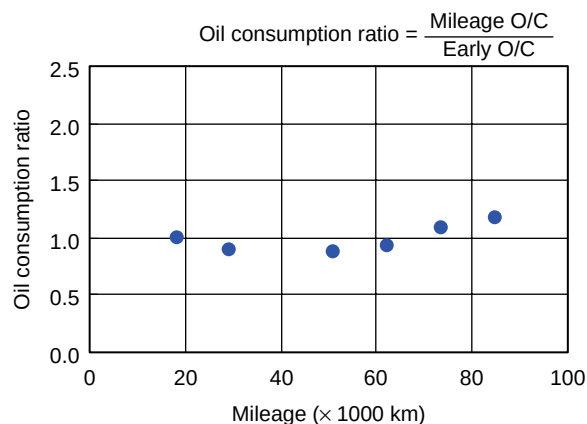


Fig. 26 Oil consumption in vehicle durability test

4. まとめ

以下の(1)-(3)に示す、高出力、大排気量 V6 エンジン用アルミニウムライナシリンダブロックの技術構築により、V6 エンジンの高出力化と排気量拡大が達成した。

- (1) アルミニウムライナをハイシリコン材、ピストンリングを 13Cr ステンレス鋼材と選定し、その組合せで耐摩耗性及び耐焼付き性を確保した。
- (2) アルミニウムライナのしゅう動面を硬質粒子浮き出し面性状にして耐スカッフ性を確保した。
- (3) アルミニウムライナの外周面を微細突起形状にして密

着性向上をはたし、ボア剛性を確保した。

これらの技術によって、従来 V6 エンジンの 3.5L 193 kW から新開発 3.7L 224kW へ高出力化と排気量拡大を達成し、2007 年モデル MDX 3.7L エンジンに適用されている。

参考文献

- (1) 林直義, 牛尾英明, 藤沢義和, 畑恒久, 柴田一雄, 海老沢賜寿雄: ハイブリッド繊維複合材の諸特性とエンジンブロックへの応用, HONDA R&D Technical Review, Vol.1, p.55-66
- (2) 小屋栄太郎, 萩原好敏, 鈴木達夫, 三浦静止, 真田誠, 津野宏, 柳田国男: 粉末法複合材によるアルミニウム製シリンダライナの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.6, p.126-136
- (3) 栗田洋敬, 山縣裕: 過共晶 Al-Si 合金製オールアルミシリンダーの開発, YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW, No.38, p.124-131(2004)
- (4) Stocker, P., Ruckert, F., Hummert, K.: The New Aluminum-Silicon Cylinder Liner Technology for Die-Cast Aluminum Crankcases, MTZ Motortechnische Zeitschrift, Vol.58, p.2-7(1997)

■ 著 者 ■



小松田 卓



高橋 誠幸



安川 勝久



大村 淳一



難波 規之